

PROSIDING SEMINAR ILMIAH NASIONAL:
"MEMBANGUN PARADIGMA KEHIDUPAN MELALUI MULTIDISIPLIN ILMU"

PASCASARJANA
UNIVERSITAS PAMULANG
JULI 2017

RANCANG BANGUN WIRELESS MONITORING SYSTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA MENGGUNAKAN 3DROBOTICS TELEMETRY RADIO 433 MHZ

Handoko Rusiana Iskandar, Yuda Bakti Zainal
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Jenderal Achmad Yani.
handoko.rusiana@yahoo.com

ABSTRAK

Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya mempunyai peran penting sebagai sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan salah satu pembangkit energi terbarukan yang banyak digunakan. Namun, dalam banyak kasus sistem ini tidak dipantau secara rinci dan dikelola secara *user-friendly* sehingga perlu dibangun sistem monitoring yang mudah dan murah. Sistem ini berhasil dirancang dan dibangun untuk sistem monitoring PV menggunakan mikrokontroler dengan Modul Arduino uno yang dilengkapi dengan perangkat sensor arus, tegangan dan daya keluaran PLTS, sebagai pelengkap komunikasi pengiriman data modul telemetry radio pun berhasil ditambahkan. Sistem telemetry 3DR radio menggunakan teknologi mikro dan bekerja pada orbit rendah berdasarkan hasil pengukuran frekuensi radio 433.6666 MHz dengan daya yang dipancarkan antenna pengirim sebesar -20.79 dBm, pola radiasi dan paparan antenna disimulasikan untuk melihat intensitas radiasi sesuai spesifikasi yang diinginkan.

Kata kunci : Arduino uno, Pembangkit Listrik Tenaga Surya, telemetry 3DR radio, *user-friendly*

I. PENDAHULUAN

Monitoring menggunakan frekuensi radio dapat membantu perolehan data secara akurat langsung ke pengguna sesuai kebutuhan yang ingin didapatkan tanpa menggunakan perantara kabel (Handcock et al., 2009), mulai sistem pemantauan akustik untuk memonitor kondisi vibrasi atau gangguan pada peralatan sistem pengeboran (Zhigang, Shitong, & Zhongyao, 2016), sistem telemetry menggunakan frekuensi radio dalam bentuk purwarupa maupun dalam skala industri digunakan sebagai pilihan selain media kabel dan diatur dalam beberapa standar internasional (Wright, 2003). Seiring berkembangnya



teknologi monitoring energi terbarukan menggunakan teknologi sejenis bermunculan khususnya sistem monitoring kondisi pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), mulai dari purwarupa data logger yang dikembangkan berdasarkan mikrokontroler ATmega 8 yang dikembangkan untuk monitoring PLTS LED Penerangan Jalan (Purwadi et al., 2011), sistem monitoring PLTS yang terdiri dari modul *Power Line Carrier* (PLC) dan data logger (Han, Lee, & Kim, 2015), sistem monitoring yang dikembangkan melalui sistem antarmuka meteorologi dengan komunikasi serial RS485 (Mujumdar, 2013), dan sampai sistem monitoring PLTS dengan penambahan jaringan GSM sebagai penerimaan data *real time* pada telepon pengguna (Belghith, 2014) sistem komunikasi radio telemetry radio pun perlu ditambahkan.

Frekuensi 433 MHz termasuk dalam spesifikasi kanal *Industrial, scientific and medical (ISM)* yang ditujukan untuk aplikasi lokal dalam dunia industri, pengujian ilmu pengetahuan, dan aplikasi kedokteran (Maulana, 2015). Operasi *narrowband* dari radio 433 MHz yang berada pada sub-GHz memungkinkan rentang jarak transmisi mencapai jarak dalam orde beberapa kilometer dengan kebutuhan daya kecil. Hal ini lebih baik jika dibandingkan dengan frekuensi 2.45 GHz yang menghasilkan jarak lebih rendah dengan anggaran daya yang relatif serupa. Ditinjau dari konsumsi daya, frekuensi 433 MHz memerlukan energi lebih rendah setiap bitnya dibanding frekuensi yang lebih tinggi. Selain itu, biaya pembangunan sistem rendah, serta tidak membutuhkan *repeater*. Sistem 433 MHz juga menggunakan antena yang berukuran kecil, frekuensi 433 MHz memiliki atenuasi yang relatif lebih rendah dibandingkan frekuensi ISM lain (Mark, 2000). Dalam tulisan ini penulis merancang sistem monitoring PLTS berbasis mikrokontroler menggunakan sistem telemetry radio 433 MHz dan analisa dilakukan pada saat pengiriman data pada sistem PLTS.

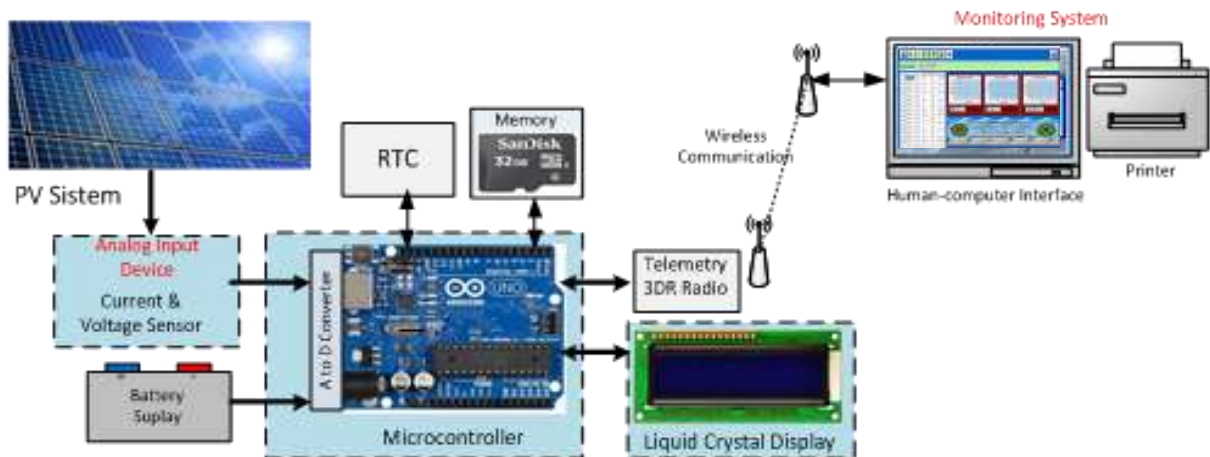
II. METODE PENELITIAN

Langkah awal dalam perancangan yang dilakukan dalam penelitian ini yang dilakukan adalah pembuatan *low cost data logger* berbasis mikrokontroler, pemilihan 3DR robotic *Telemetry System* dipertimbangkan sebagai perangkat yang kompatibel dengan mikrokontroler sehingga memudahkan proses pemrograman.



2.1. Perancangan Sistem Monitoring

Konsep perancangan sistem monitoring dan antarmuka dibuat untuk dapat merekam dan menyimpan jumlah yang data dan data dapat diambil sesuai keinginan pengguna dengan memanfaatkan sensor arus dan tegangan yang terhubung ke dalam PLTS dan mampu memonitoring kondisi eksisting daya PV secara *real time*. Keseluruhan arsitektur perangkat keras yang digunakan pada sistem ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Perancangan *wireless monitoring system* PLTS

Tabel 1. Perangkat keras prototipe data logger

| | | | |
|--------------------|------------------|-----------------|------------------|
| Mikrokontroler | Arduiono Uno | 3DR Radio | Daya 100mW, 20dB |
| Sensor Arus | ACS712, 5 – 30 A | Konektor Antena | SMA Female |
| Sensor Tegangan | 0 - 500 VDC | Band | 433MHz |
| Suplai batre | 9 Volt DC | Status koneksi | Indikator LED |
| Modul microSD card | DFRobot Modul | Interface | Standard UART |
| Memory SD Card | 4 GB | Antarmuka | Delphi 7.0 |

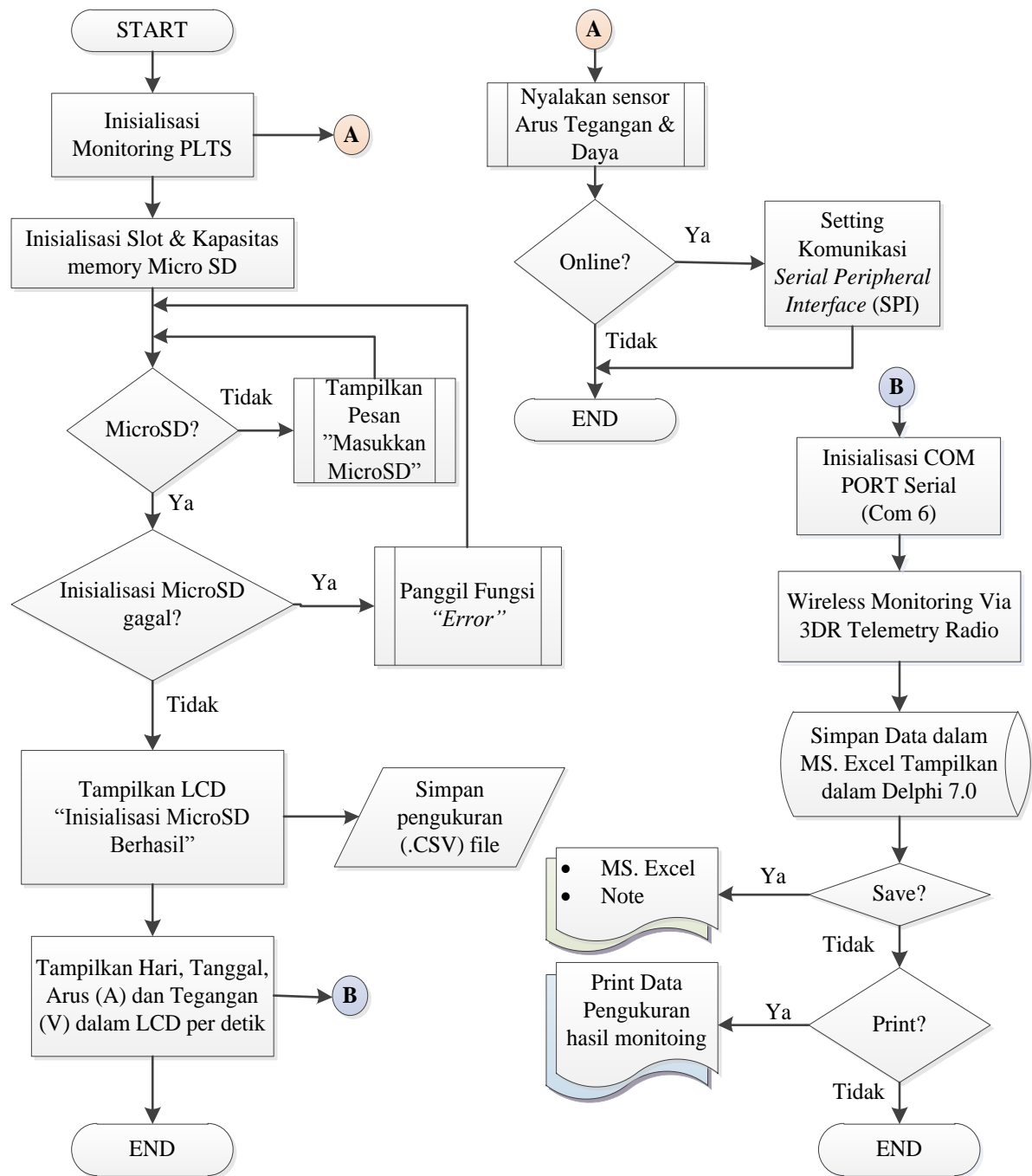
ACS712 sensor yang digunakan untuk mengukur arus PV yang dihubungkan langsung ke mikrokontroller melalui jalur *Analog to Digital Converter*. Perangkat ini memudahkan pengguna dapat mengambil data baik secara *online* maupun *offline*, semua data yang terekam dan tersimpan dalam bentuk file format CSV.

Perangkat lunak Delphi 7.0 ditambahkan sebagai rancangan perangkat lunak monitoring PLTS secara *wireless*, pemanfaatan Ms. Excel sebagai media pengolahan data



mempermudah proses penyimpanan dalam format CSV dan *note*. Informasi hasil pengujian dan pengambilan data secara *online*, dapat dicetak menggunakan fasilitas printer, dengan sistem yang dibangun ini diharapkan mampu memberikan kelengkapan sistem monitoring pada sistem PLTS ini. Inisialisasi MicroSD diperlukan hal ini dibuat agar memastikan memori sudah terpasang dalam data loger dan siap melakukan penyimpanan data hasil pengukuran, apabila memori tidak terpasang penggunaan data logger tidak dapat digunakan.





Gambar 2. Diagram alir program monitoring PLTS

2.2 Struktur Antena Telemetry

Antena yang digunakan dalam sistem radio telemetry adalah antena mini bertipe helix dengan ukuran kecil, Pola radiasi berbentuk kardioid, dan sirkuler yang sangat baik dan polarisasi di atas rentang sudut yang lebar, sangat menjanjikan untuk aplikasi GPS dan



SNSD adalah diameter dari antenna helix (Mo, Liu, Fang, Xue, & Lin, 2016). Untuk mendapatkan beberapa parameter antenna ini dimodelkan menggunakan perangkat lunak NEC2 seperti gambar 3. *Resistansi radiasi* (R_{rad}), didefinisikan sebagai nilai dari sebuah resistor hipotesis yang dapat mendisipasikan daya yang sama dengan yang diradiasikan oleh antenna saat disuplai dengan arus yang sama. Jadi $P_{\text{rad}} = \frac{1}{2} I_0^2 R_{\text{rad}}$, $R_{\text{rad}} = 2 P_{\text{rad}} / I_0^2$ dimana I_0 adalah nilai puncak dari arus yang disuplaikan. Untuk dipol *Hertzian*, dengan persamaan (1).

$$R_{\text{rad}} = \frac{2\pi\eta}{3} \left(\frac{dl}{\lambda} \right)^2 \approx 790 \left(\frac{dl}{\lambda} \right)^2 (\Omega) \quad (1)$$

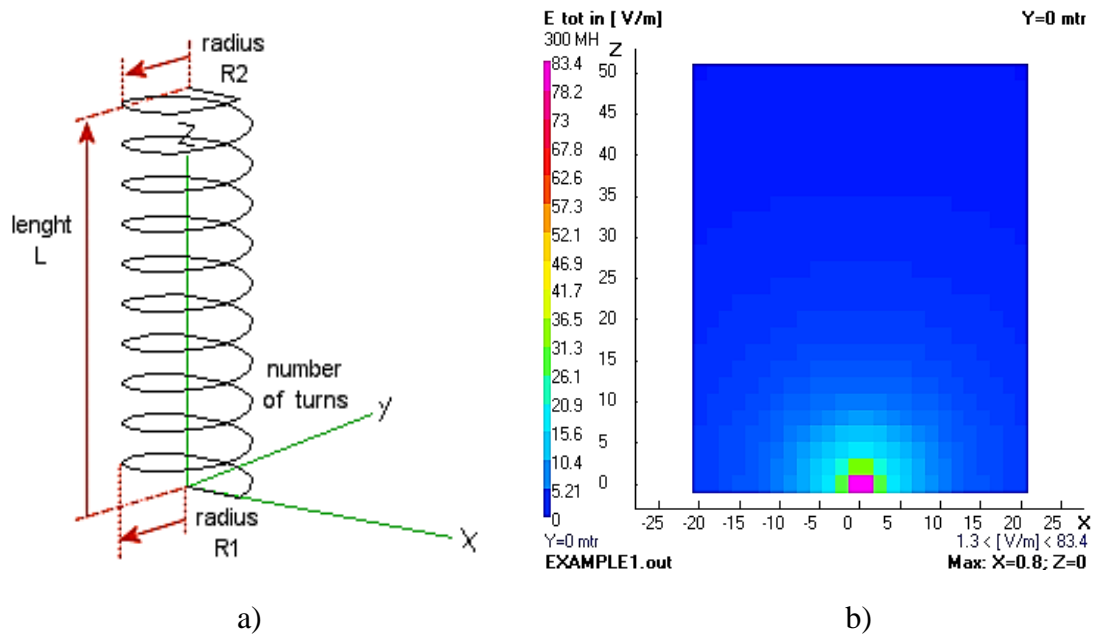
Pola radiasi $F(\theta, \phi)$ memberikan variasi relatif dari magnetuda medan jauh E atau H terhadap arah. Jarak r diasumsikan konstan. Untuk dipol Hertzian, pola radiasinya disederhanakan menjadi $F(\theta) = \sin\theta$ karena $|E|$ dan $|H|$ masing – masing adalah tidak bergantung terhadap ϕ . *Intensitas radiasi* $U(\theta, \phi)$ merupakan ukuran lain untuk kinerja antenna. Sehingga intensitas radiasi dan sudut solid masing-masing dapat dirumuskan sebagai :

$$U(\theta, \phi) \equiv (P_{\text{rata-rata}} \cdot r^2 a_r) \quad (\text{W/sr}) \quad (2)$$

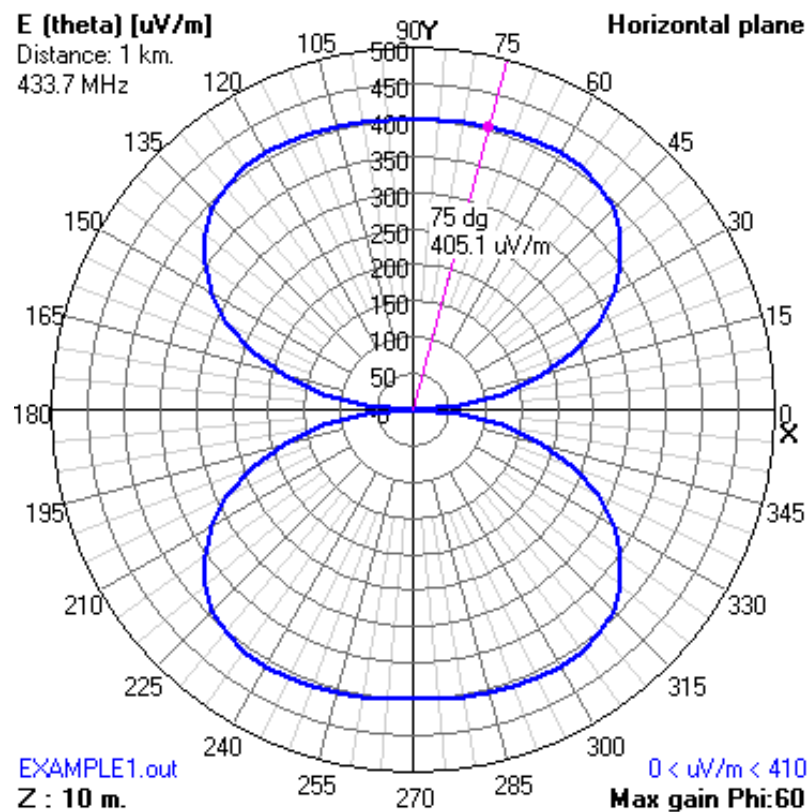
$$d\Omega \equiv \sin \theta d\theta d\phi \quad (\text{sr}) \quad (3)$$

Intensitas radiasi ini didefinisikan sebagai daya rata-rata yang diradiasikan per satuan sudut solid yang merupakan fungsi dari daya terhadap sudut, simulasi geometri antenna dan pemetaan polar terdekat dari pola radiasi antenna disimulasikan dalam gambar 3 dan 4 di bawah ini.





Gambar 3. Mini helix antenna; a) geometri antenna, b) pola *near pattern*



Gambar 3. Pola radiasi antenna helix dengan frekuensi 433 MHz

dari persamaan diatas, dimana (sr) adalah singkatan dari steradian. Oleh karena U adalah bebas atau tidak bergantung terhadap r ini berdasarkan konsep konversi energi, maka medan jauh dapat digunakan dalam evaluasinya. Untuk dipol Hertzian dengan menggunakan persamaan (2) hingga (3).

$$U(\theta) = \frac{\eta}{8} \left(\frac{I dl}{\lambda} \right)^2 \sin^2 \theta \quad (\text{W/sr}) \quad (4)$$

pada umumnya semakin lebar berkas (di sekitar arah U_{maks}), maka akan semakin terarah antenna yaitu daya yang diradiasikan difokuskan pada sektor sudut yang semakin kecil. Gain arah/*gain direktif* $D(\theta, \phi)$ dari sebuah antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas radiasi $U(\theta, \phi)$ terhadap intensitas radiasi U_0 dari sebuah radiator isotropik hipotesis yang meradiasikan daya total P_{rad} yang sama dengan daya aktual antenna. Berikut untuk daya isotropik.

$$U_0 = \frac{P_{\text{rad}}}{4\pi} \quad (5)$$

Dengan demikian gain arah dari antenna dinyatakan sebagai,

$$D(\theta, \phi) = \frac{U(\theta, \phi)}{U_0} = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{\text{rad}}} \quad (6)$$

Direktivitas D dari antenna adalah nilai maksimum dari gain arah

$$D = \frac{4\pi U_{\text{maks}}}{P_{\text{rad}}} \quad (7)$$

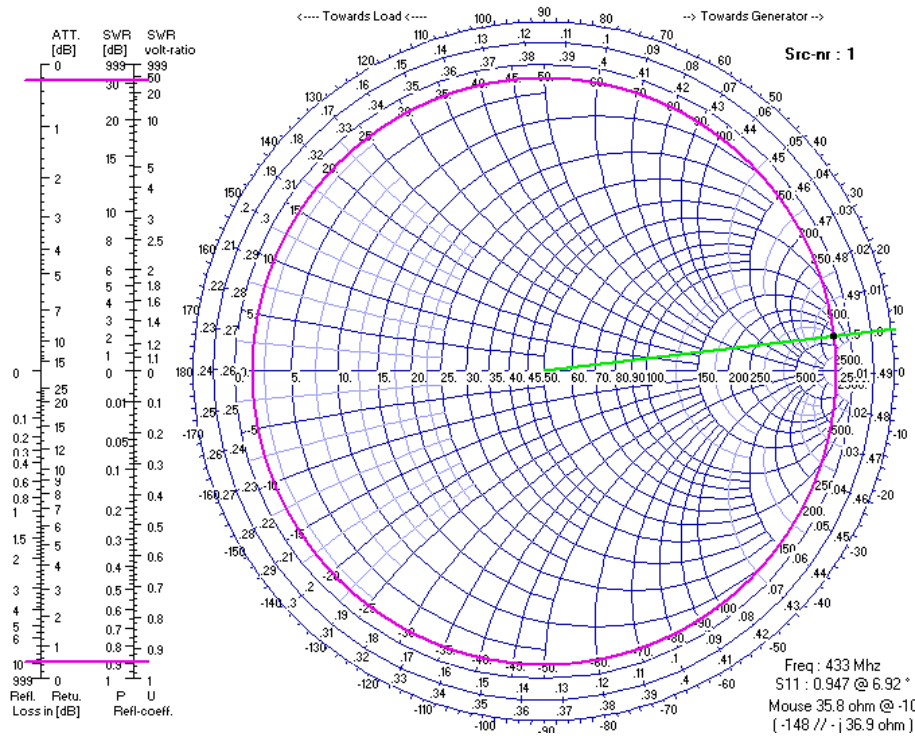
Serta direktivitas $D = 1,5$. Efisiensi radiasi dari sebuah antenna adalah $e_{\text{rad}} = P_{\text{rad}}/P_{\text{in}}$, dimana P_{in} merupakan daya rata-rata yang diterima antenna. Gain daya $G(\theta, \phi)$ didefinisikan sebagai efisiensi dikalikan dengan gain arah:

$$G(\theta, \phi) \equiv e_{\text{rad}} D(\theta, \phi) = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{\text{in}}} = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{\text{rad}} + P_L} \quad (8)$$



Di mana untuk antena kawat P_L adalah rugi – rugi daya ohmik antena. Radiator isotropik tanpa rugi-rugi memiliki gain daya $G_o = 1$. Gain daya antena dinyatakan dalam besaran desibel dimana

$$G_{dB} = 10 \log_{10} G(\theta, \phi) \quad (9)$$



Gambar 4. Hasil pemodelan *smith chart* 433MHz

Smith chart ini dimodelkan untuk memvisualisasikan impedansi saluran transmisi dan sistem antena sebagai fungsi frekuensi. Diagram Smith dapat digunakan untuk meningkatkan jalur transmisi dan perilaku berdasarkan sudut pandang impedansi. Diagram Smith membantu untuk pencocokan impedansi dan menampilkan impedansi antena secara aktual. Koefisien refleksi kompleks (Γ) untuk impedansi Z_L yang dilekatkan pada jalur transmisi dengan impedansi karakteristik Z_0 diberikan oleh persamaan berikut

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (10)$$

Diagram *Smith Chart* pada antena ini, kita akan asumsikan Z_0 adalah 50Ω , yang sering, tapi tidak selalu demikian. Perhatikan bahwa Smith Chart dapat digunakan dengan nilai Z_0 .



Karena VSWR hanya merupakan fungsi dari nilai absolut, kita bisa mendapatkan VSWR untuk sebuah beban dari diagram smith artinya, $VSWR = 1$ akan menjadi pusat *smith chart*, dan $VSWR = 3$ akan menjadi lingkaran yang berpusat di sekitar pusat Smith Chart, dengan magnitude = 0.5. Lingkaran yang berpusat pada asal mula Smith Chart adalah lingkaran VSWR konstan. Perhatikan bahwa batas luar *smith chart* (di mana = 1) sesuai dengan VSWR yang tak terbatas.

2.3. Modul Komunikasi Serial

Standar UART terdapat pada IC yang dapat mengkonversi 8 bit data ke dalam aliran serial untuk dikirimkan menuju receiver, demikian sebaliknya pada saat menerima dari serial maka IC UART akan mengubah data serial menjadi 8 bit data yang selanjutnya dapat diproses. Nilai *baud rate* yang digunakan adalah mode *default* yaitu 9600 sehingga nilai UBRR dapat diketahui dengan persamaan berikut

$$UBRR = \frac{F_{clock}}{16 \times baudrate} \quad (11)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mini-connector SMA yang dipakai dalam antena ini merupakan konektor semi-presisi konektor coaxial RF dengan mekanisme kopling tipe sekrup. Konektor ini memiliki impedansi 50 Ω . SMA (miniatur A) konektor dirancang oleh *Bendix Scintilla Corporation* dan merupakan salah satu yang paling umum digunakan konektor RF atau gelombang mikro.

3.1. Pengujian Pengiriman Antarmuka

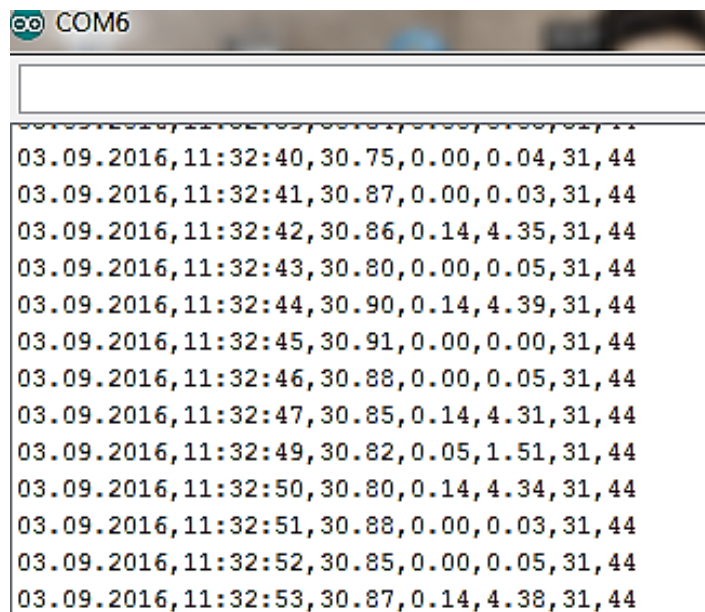
Pengujian antarmuka menggunakan telemetry dilakukan menggunakan driver atau perangkat lunak tambahan seperti *hyperterminal* atau juga dapat menggunakan fitur bawaan dari Arduino uno hanya saja inisialisasi dilakukan dengan meng-*install* silicon labs CP210xUART *bridge* setelah itu pilih port dan sesuaikan dengan kebutuhan pengguna dalam komputer yang digunakan, dalam pengujian ini menggunakan (COM6). Inisialisasi monitor serial port arduino uno dilakukan sebagai syarat untuk proses pengiriman data secara *wireless* dalam IDE arduino uno yang ditunjukkan pada gambar 5.



3.2 Pengujian Frekuensi Telemetry

Pengujian selanjutnya adalah dengan menggunakan *spectrum analyzer*, tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan pengirim dan penerima dalam menstransmisikan data hasil pengukuran. *Spectrum analyzer* yang dipakai untuk menguji sistem telemetry adalah RIGOL DSA1030.

Beberapa langkah dalam pengujian sinyal harus dilakukan, seperti penggunaan antena *monopole* sebagai penerima sinyal, kemudian tentukan rentang frekuensi yang diuji, dalam penelitian ini frekuensi awal 400 MHz dan frekuensi akhir 500 MHz, gunakan fasilitas marker untuk pendeteksian sinyal frekuensi kemudian perhatikan penunjukan *spectrum analyzer*. Sumbu x menampilkan nilai frekuensi dalam satuan MHz dan sumbu y menampilkan nilai daya pemancar yang diterima oleh spectrum analyzer dalam satuan dBm. Seperti yang telah ditunjukkan pada gambar 6 frekuensi telemetry 3DR radio menunjukkan frekuensi 433.6666 MHz dengan daya yang dipancarkan antena pengirim sebesar -20.79 dBm. Hasil pengujian jarak terdapat dalam tabel 2.



| Time | Frequency (MHz) | Power (dBm) | Other Data |
|---------------------|-----------------|-------------|--------------|
| 03.09.2016,11:32:40 | 30.75 | 0.00 | 0.04, 31, 44 |
| 03.09.2016,11:32:41 | 30.87 | 0.00 | 0.03, 31, 44 |
| 03.09.2016,11:32:42 | 30.86 | 0.14 | 4.35, 31, 44 |
| 03.09.2016,11:32:43 | 30.80 | 0.00 | 0.05, 31, 44 |
| 03.09.2016,11:32:44 | 30.90 | 0.14 | 4.39, 31, 44 |
| 03.09.2016,11:32:45 | 30.91 | 0.00 | 0.00, 31, 44 |
| 03.09.2016,11:32:46 | 30.88 | 0.00 | 0.05, 31, 44 |
| 03.09.2016,11:32:47 | 30.85 | 0.14 | 4.31, 31, 44 |
| 03.09.2016,11:32:49 | 30.82 | 0.05 | 1.51, 31, 44 |
| 03.09.2016,11:32:50 | 30.80 | 0.14 | 4.34, 31, 44 |
| 03.09.2016,11:32:51 | 30.88 | 0.00 | 0.03, 31, 44 |
| 03.09.2016,11:32:52 | 30.85 | 0.00 | 0.05, 31, 44 |
| 03.09.2016,11:32:53 | 30.87 | 0.14 | 4.38, 31, 44 |

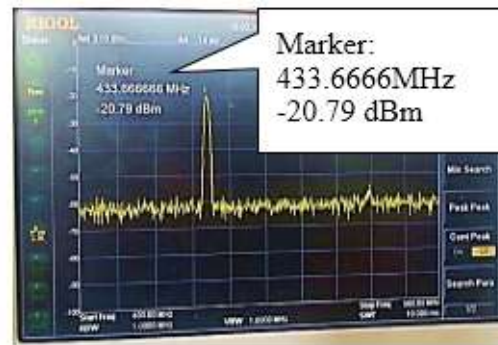
Gambar 5. Pengujian 3DR radio telemetry dengan IDE arduino uno

Tabel 2. Pengukuran jarak modul telemetry 3DR radio

| Pengujian Jarak | Jarak Pengujian (meter) | Hasil Pengujian | | |
|-----------------|-------------------------|-----------------|-------|-------|
| | | Data | Delay | |
| | | | Ya | Tidak |
| 1 | 1 | Diterima | - | ✓ |
| 2 | 2 | Diterima | - | ✓ |
| 3 | 5 | Diterima | - | ✓ |
| 4 | 6 | Diterima | - | ✓ |
| 5 | 10 | Diterima | - | ✓ |
| 6 | 15 | Diterima | ✓ | - |
| 7 | 20 | Diterima | ✓ | - |

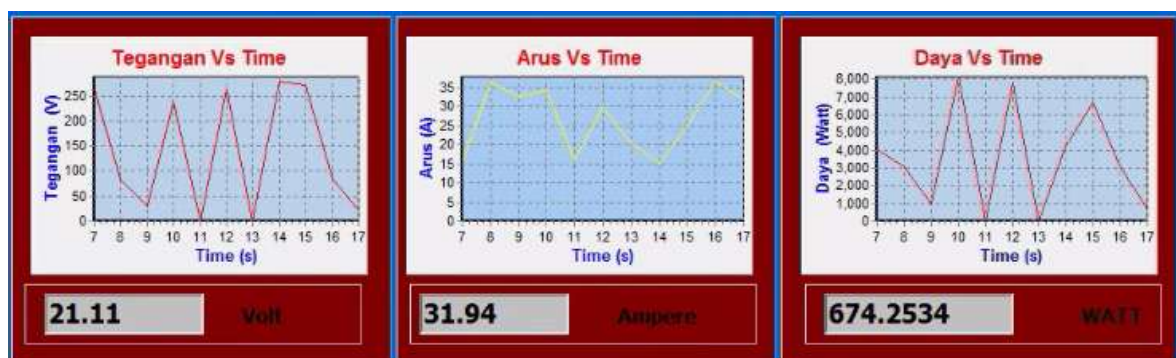


(a)



(b)

Gambar 6. Pengujian Telemetry; (a) *Rigol spectrum analyzer*, (b) marker frekuensi



Gambar 7. Penerimaan data hasil pengukuran tegangan, arus dan daya pada Delphi 0.7



Informasi mengenai hasil pengujian daya pada sistem PV dikirimkan laptop secara *real time*. Melalui akses komunikasi tanpa kabel (*wireless*) frekuensi radio ini dilengkapi dengan fitur pengambilan data secara *online*, kurva daya hasil pengujian, fasilitas printer diharapkan mampu memberikan kelengkapan sistem monitoring pada sistem PV ini. Semua data tersebut diolah sedemikian rupa hingga diperoleh suatu informasi mengenai nilai tegangan, arus dan daya PV selalu termonitor secara grafik.

Pembuatan HMI sebagai monitoring sistem PLTS yang ditampilkan mencakup semua data, dimana data tersebut diolah sedemikian rupa hingga diperoleh suatu informasi mengenai nilai tegangan, arus dan daya PV selalu termonitor. Penambahan display kurva pada gambar 7 menunjukkan trending setiap perubahan data baik dalam tegangan, arus maupun daya pada PLTS, untuk memudahkan penyimpanan data. Sistem monitoring yang telah dirancang dan diimplementasi dapat digunakan dan diaplikasikan untuk memonitoring sistem PLTS satu fasa terhubung PLN maupun berdiri sendiri. Hasil pengujian tampilan menu sistem monitoring online yang dilakukan, menunjukkan sistem dapat melogging besaran – besaran arus, tegangan serta daya sistem PV secara real time seperti pada gambar 8.



| No | Date | Time | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (W) |
|----|------------|----------|--------------|----------|-----------|
| 1 | 12/04/2017 | 14:08:08 | 282.99 | 12.98 | 3673.2102 |
| 2 | 12/04/2017 | 14:08:09 | 289.73 | 24.7 | 7156.331 |
| 3 | 12/04/2017 | 14:08:10 | 2.05 | 10.1 | 20.705 |
| 4 | 12/04/2017 | 14:08:11 | 121.7 | 35.42 | 4310.614 |
| 5 | 12/04/2017 | 14:08:12 | 81.52 | 36.25 | 2955.1 |

Gambar 8. Tampilan menu dan penyimpanan dalam Delphi 7.0



IV. KESIMPULAN

Suatu perancangan dan pembuatan sistem monitoring pada pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) berbasis frekuensi radio telemetry menghasilkan informasi data hasil pengukuran terkirim melalui frekuensi radio 433.6666 MHz dengan daya yang dipancarkan antenna pengirim sebesar -20.79 dBm, pola radiasi dan paparan antenna disimulasikan untuk melihat intensitas radiasi sesuai spesifikasi yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Belghith, O. B. E. N. (2014). Remote GSM module monitoring and Photovoltaic System control. *First International Conference on Green Energy ICGE 2014, 1*, 188–192.
- Han, J., Lee, I., & Kim, S. (2015). User-Friendly Monitoring System for Residential PV System Based on Low-Cost Power Line Communication, 175–180.
- Handcock, R. N., Swain, D. L., Bishop-Hurley, G. J., Patison, K. P., Wark, T., Valencia, P., ... O'Neill, C. J. (2009). Monitoring animal behaviour and environmental interactions using wireless sensor networks, GPS collars and satellite remote sensing. *Sensors*, 9(5), 3586–3603. <http://doi.org/10.3390/s90503586>
- Mark, N. (2000). Serial Communications.
- Maulana, R. (2015). Design of Telemetry Radio 433 Mhz device for Data Transmission.
- Mo, J., Liu, W., Fang, W., Xue, H., & Lin, Z. (2016). Design of a Broadband Inverted Conical Quadrifilar Helix Antenna. *International Journal of Antennas and Propagation*, 2016, 1–7. <http://doi.org/10.1155/2016/5109875>
- Mujumdar, U. B. (2013). Development of Integrated Hardware Set up for Solar Photovoltaic System Monitoring. In *Annual IEEE India Conference (INDICON)*.
- Purwadi, A., Haroen, Y., Ali, F. Y., Heryana, N., Nurafiat, D., & Assegaf, A. (2011). Prototype Development of a Low Cost Data Logger for PV Based LED Street Lighting System, (July), 11–15.
- Wright, E. (2003). *Practical SCADA for Industry*.
- Zhigang, L., Shitong, G., & Zhongyao, F. (2016). Design of the Acoustic Signal Receiving Unit of Acoustic Telemetry While Drilling. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 61, p. 7012). EDP Sciences. Retrieved from <https://doaj.org/article/20913c882359436b9830d6bfc408f5e7>

